

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
CENTRO SÓCIO ECONÔMICO – DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA MULTICRITÉRIOS NA SELEÇÃO
DE INVESTIMENTOS.**

Por: Fernando Brandão Rudolf

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Alves de Santana

Área de pesquisa: Economia de Empresas

Palavras chaves: Custos

Investimento

Decisões

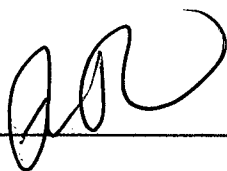
Florianópolis – SC , novembro de 1999.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC
CENTRO SÓCIO ECONÔMICO – DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECÔMICAS

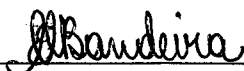
**APLICAÇÃO DE METODOLOGIA MULTICRITÉRIOS NA SELEÇÃO DE
INVESTIMENTOS.**

A banca examinadora resolveu atribuir o conceito (7,5) ao
acadêmico FERNANDO BRANDÃO RUDOLF, pela apresentação deste trabalho
disciplina CNM5420- MONOGRAFIA.

BANCA EXAMINADORA



Presidente: Dr. EDVALDO ALVES DE SANTANA.



Membro: Prof. Eliana Bandeira



Membro: Prof. Francisco Melo de Aquino

AGRADECIMENTO

Aos meus pais.....

Que apoiaram todas as minhas decisões no decorrer do curso, incentivando de maneira coerente e correta, permitindo assim, tornar realidade um sonho que por muitas vezes nem eu mesmo acreditei ser possível.

DEDICATÓRIA

Agradeço a Deus.

Agradeço a toda minha família, irmãos, amigos e colegas, que de uma forma ou de outra participaram da minha vida acadêmica.

Ao orientador, que soube explorar meu potencial, e principalmente prestou auxílio quando necessário, e não foram poucas vezes.

Aos funcionários da Secretaria e do Departamento de Economia, que estiveram sempre prontos para sanar as dúvidas.

Ao mar por me ajudar a refletir nas horas mais difíceis da minha vida.

SUMÁRIO

Banca examinadoraii
Agradecimento.....	..iii
Dedicatória.....	..iii
Listas de siglas.....	..vi
Listas de tabelas.....	..vii
Listas de figuras.....	..viii
Resumo.....	..ix

CAPÍTULO I-

1 Introdução.....	1
1.1 Problemática.....	2
1.2 Objetivo Geral.....	4
1.3 Objetivo Específico.....	4
1.4 Metodologia.....	5
1.5 Estrutura do trabalho.....	6

CAPÍTULO II

2 Abordagem Geral dos Métodos de Múltiplos Critério.....	7
2.1 Aspectos Conceituais.....	7
2.2 Caracterização de alguns métodos	8
2.3 Contribuições e limitações dos métodos tradicionais.....	12

CAPÍTULO III

3. Método Aditivo Linear- MAL.....	17
3.1 Descrição do MAL.....	17
3.2 Análise de Robustez.....	19
3.3 Fluxograma do MAL.....	21

CAPÍTULO IV

4. Aplicação do MAL.....	23
4.1 Configuração do problema de decisão.....	23
4.2 Análise dos resultados.....	25

CAPÍTULO V

5. Conclusões e recomendações.....	30
Referências Bibliográficas	33

LISTA DE SIGLAS

AHP- Analytic Hierarchy Process.

CA- Custo Anual.

COM- Custo Mensal de Operação.

DCF- Fluxo de Caixa Descontado.

ELECTRE- Elimination et Choix Traduisant la Realité.

MAL- Método Aditivo Linear.

MCDM- Multiple Critéria Decision Making.

MMCD- Método de Multicritério de Decisão.

PAYBACK PERIOD- Período de retorno dos Empreendimentos.

PROMETHEE- Preference Ranking Organization Method and Enrichment Evaluation.

TMA- Taxa Mínima de Atratividade.

TIR- Taxa Interna de Retorno.

VAUE- Valor Anual Uniforme Equivalente.

VPL- Valor Presente Líquido.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- INVESTIMENTO DAS MÁQUINAS.....	13
TABELA 2- EXEMPLO VAUE.....	16
TABELA 3- MODELOS DE MÁQUINAS.....	23
TABELA 4- MATRIZ DE DECISÃO.....	25
TABELA 5- CASO BASE.....	26
TABELA 6- CASO 1.....	27
TABELA 7- CASO 2	28

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- ESTRUTURA DO PROBLEMA.....	10
--------------------------------------	----

RESUMO

O objetivo deste trabalho é a aplicação de um método de abordagem de MCDM- Multiple Criteria Decision Making- denominado Método Aditivo Linear-MAL, na seleção de uma entre várias alternativas de investimento em um determinado tipo de máquina para a atividade de lavagem de carros, permitindo considerar fatores intangíveis, e explicitando a subjetividade no processo decisório. Dos resultados aqui encontrados conclui-se, dentre outros aspectos relevantes, que os modelos de múltiplos critérios se constituem em ferramentas importantes para apoio a decisões, podendo ser um caminho alternativo relativamente aos métodos tradicionais de análise de investimentos.

Logo, a aplicação do modelo aditivo linear possibilitou a redução da probabilidade de inconsistência nos julgamentos do decisor e permitiu a inclusão de critérios intangíveis de forma clara e explícita, tornando o trabalho do decisor mais transparente e fácil de realizar.

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Até a década de 60 a realidade econômica era ditada por mercados estáveis e economias de escala. As transformações sociais que começavam a ocorrer na época não pareciam exigir um maior grau de flexibilidade das organizações.

Porém, com as mudanças nos comportamentos de mercado no mundo e a inserção de outros fatores relacionados, como, por exemplo, a qualidade e o meio ambiente, as organizações sentiram-se obrigadas a reformular seus estilos administrativos com vistas a adaptarem-se a grande competitividade instaurada. Assim, os problemas tornam-se mais complexos, envolvendo múltiplas disciplinas, diversos objetivos, geralmente conflitantes, e decisões que abrangem muitas pessoas, com suas diferentes perspectivas e interesses.

Dentro desta nova perspectiva, onde o domínio do conhecimento torna-se fator essencial para a sobrevivência em empresas, metodologias de apoio à decisão as quais incorporam o maior número de fatores que caracterizam as situações problemáticas, sejam eles tangíveis ou intangíveis, surgem com a finalidade de ajudar os decisores a obter o melhor entendimento dos problemas enfrentados, diminuindo os riscos inerentes a tomada de decisão.

A definição de estratégias e as decisões de expansão ou de investimentos deixam de ser tão simples ou deixaram de ser uma simples conta, envolvendo receitas e despesas. O processo de decisão, em um ambiente tão complexo, não só exige a participação de um número maior de pessoas como também requer o tratamento de um número bem maior de variáveis, muitas delas, não quantificáveis financeiramente.

Este tipo de problema de decisão é o foco deste trabalho, que tem como objetivo geral mostrar a aplicabilidade de um modelo de múltiplos critérios para a seleção de uma entre várias alternativas de investimento em um determinado tipo de máquina para a atividade de lavagem de carros.

1.1 - PROBLEMÁTICA

A implantação e a operação de um projeto, especialmente de grande porte, provocam impactos sobre o indivíduo, empresa, economia e a sociedade como um todo. Com isso, a dificuldade de mensuração física de fatores quantitativos e de incorporação de aspectos qualitativos, a ambigüidade dos critérios de determinação da taxa de desconto e o tratamento da incerteza no processo de escolha dos investimentos são as mais importantes limitações dos métodos tradicionais de análise de empreendimentos (Santana, 1944).

Embora já utilizadas rotineiramente nas economias mais desenvolvidas desde o princípio dos anos 50, somente no início da década de 60 as técnicas tradicionais de análise de investimentos fundamentadas no princípio do fluxo de caixa descontado(DCF) passaram a ser aplicadas com certa frequência na avaliação de projetos e equipamentos. Contudo, a partir dos anos 80 essas técnicas vêm sofrendo severas críticas de especialistas de diversos segmentos da atividade econômica.

“ A abordagem do fluxo de caixa descontado é muitas vezes usada erradamente, quando as empresas, arbitrariamente, impõem elevadas taxas de desconto para avaliar novos projetos de investimentos. Talvez elas acreditem que projetos de alto retorno podem ser criados pela atribuição de altas taxas de juros, antes que através da implantação de inovações tecnológicas no produto e nos processo, ou por ações hábeis destinadas ao desenvolvimento e exploração de vantagens competitivas no mercado” (Kaplan, apud Santana , 1994,p.30).

Neste sentido, o “Payback Period”(período de retorno dos empreendimentos), apesar de ser considerado como o indicador mais simples e conhecido, entre os métodos tradicionais, apresenta algumas imperfeições (Santana, 1994). Uma dessas imperfeições seria a de não considerar o valor ou custo de recursos no tempo. Ou seja, a simples soma temporal das parcelas não atualizadas do fluxo líquido positivo ignora que um Real hoje vale mais do que um Real amanhã. Outra imperfeição do Payback é que ele não esclarece por si só qual o seu valor mínimo. Sabe-se apenas que quanto menor o Payback maior a atratividade do projeto (Contador, 1988).

Já a “Internal Rate Return-TIR”, bastante usada para avaliação de alternativas, procura calcular um único número que sintetize a valorização de um projeto. Esse número não depende da taxa de juros vigente no mercado. Ele é calculado de forma interna ou intrínseca ao projeto, e não depende de qualquer coisa além dos fluxos de caixa. Uma das

principais desvantagens da TIR é que pode haver múltiplas taxas de retorno, quando o fluxo de caixa não é convencional, e necessita da análise do investimento “incremental” quando se compara várias alternativas (Contador, 1988).

Por outro lado, outros métodos, como o Valor Presente e o Custo Anual têm como característica básica o fato de utilizar uma taxa de juros, chamada de taxa de desconto ou taxa mínima de atratividade, para atualizar, para um valor presente ou para um fluxo anual (ou mensal, ou semanal, ou diário etc), as receitas e custos de uma série de alternativas de investimentos. Dois são os problemas daí decorrentes: primeiro a atratividade de um dado projeto (em relação a outros) fica muito dependente da taxa desconto. Como mostrado em Santana (1994), investimentos com elevados gastos iniciais são favorecidas quando as taxas de desconto são baixas, mesmo que não sejam as melhores opções; segundo, é muito complexa a tarefa de antecipar receitas e custos, sobretudo quando o projeto em análise é de muito longa duração.

Em suma, um projeto pode mostrar-se mais atrativo do que outro para uma determinada taxa de desconto e inverter o resultado quando acontecem mudanças em tal taxa. Além disso, por mais rigorosas que sejam as previsões de receitas e despesas, ainda assim tais previsões podem não se concretizarem, com efeitos danosos sobre a decisão que foi tomada com base na estimativa inicial.

Tendo em vista estas dificuldades dos métodos tradicionais de avaliação de investimentos, o MMCD-Método de Multicritério de Decisão consiste em nova proposta de modelo, o qual, devido à sua ampla utilização, importância e simplicidade, apresenta vantagens para identificar atributos relevantes qualitativos e quantitativos que tornam as decisões de investimento nas empresas mais precisas.

Uma das características do método citado acima, consiste na possibilidade de levar em conta incertezas na conjuntura futura, através da utilização de cenários, e ainda, possibilita utilizar funções de utilidade ou de valor não-linear. A seguir são comentados, devido à sua ampla utilização, alguns trabalhos de MCDM-Multiple Criteria Decision Making, envolvendo problemas de alocação de recursos e o método que foi utilizado (Bramont, 1996):

- EHIE et al (1990)- alocação de recursos dentro do planejamento nacional- o método utilizado foi o AHP;

- SANTANA (1994)- é mostrado um estudo comparativo de priorização de usinas elétricas, utilizando o modelo AHP;
- BRANS et al (1986)- seleção de projetos hidrelétricos – método utilizado foi o PROMETHEE;
- DAS NEVES (1982)- seleção de projetos- método utilizado foi o ELECTRE;
- BRAMONT (1996)- priorização de projetos sob ótica social- Modelo Aditivo Linear;

1.2 – Objetivo Geral

Este trabalho, dentro do contexto descrito acima, tem como principal objetivo mostrar a aplicabilidade de um modelo de múltiplos critérios para a seleção de uma entre várias alternativas de investimento em um determinado tipo de máquina para atividade de lavagem de carros. O modelo escolhido para análise foi o modelo aditivo linear, o qual se mostrou o mais apropriado para o problema de decisão que se pretendia equacionar.

1.3 – Objetivos Específicos

O caminho que se optou para tornar a proposta de trabalho fundamentada e compreensível foi dividi-la em duas etapas: uma parte contendo a construção teórica do modelo, onde é feita uma revisão bibliográfica dos assuntos relacionados, e uma segunda parte onde um caso real é ilustrado de maneira a se constatar a aplicabilidade prática do modelo que está sendo proposto. Assim, este trabalho apresenta os seguintes objetivos específicos:

- análise crítica das metodologias tradicionais e de MCDM;
- explicar de forma clara, a subjetividade inerente aos julgamentos do decisor presentes nas metodologias MCDM;
- apresentação da análise de robustez, está presente no método, onde incertezas nas estimativas do decisor podem ser levadas em conta; e

- comparar qual das metodologias usadas é a melhor para avaliação de máquinas/ compressores utilizadas na lavação de carros.

1.4 – Metodologia

A metodologia básica utilizada para o desenvolvimento do trabalho foi do tipo analítico-descritiva. A partir desse método foi possível uma caracterização do conceito de MCDM e, além disso, mostrar, através de um exemplo, e de forma descritiva as vantagens e desvantagens de tal conceito em relação aos métodos tradicionais de análise de investimentos.

Outro ponto que é importante ressaltar é que a meta principal do trabalho é caracterizar a importância de um modelo estruturado como MCDM. Assim, o caso prático ilustrado, a decisão de compra de máquinas de lavação de uma determinada empresa, é apenas uma exemplificação da aplicação e, portanto, poderia ser utilizado qualquer outro problema.

Neste sentido, definidos o problema, o objetivo geral e os objetivos específicos, procedeu-se revisão bibliográfica de metodologias de multiple criteria decision making-MCDM, com o propósito de estabelecer bases para formular um método que contribuísse para a decisão na escolha de máquinas/compressor na lavação de carros.

Por envolver a análise de variáveis qualitativas e com grande grau de subjetividade, a escala dos (múltiplos) critérios de avaliação levou em conta a opinião de um vendedor da máquina e um dono de um lava carros cuja seleção estava discutida. Em uma série de três entrevistas não estruturados (sem questionários prévios) procurou-se obter de tal vendedor o conjunto de critérios mais relevantes especificando, inclusive, a importância relativa de cada critério para o processo de decisão.

Assim, foi desenvolvida uma análise comparativa entre as técnicas tradicionais de análise de investimentos fundamentadas no princípio do fluxo de caixa descontado (DCF) e a metodologia de MCDM, sendo mostrado um exemplo de aplicação envolvendo as duas metodologias citadas acima e realçando seus pontos fortes e fracos.

Na prática, o modelo aqui utilizado tem como base o modelo que foi desenvolvido por Bramont (1996), que, a partir dos conceitos dos métodos aditivos, criou o MAL(método aditivo linear), o qual tem como finalidade facilitar o raciocínio na análise

de investimento, tornando-a mais abrangente do que as metodologias tradicionais, de reduzir a subjetividade inerente aos julgamentos do decisor e de considerar incertezas em suas estimativas.

1.5 – Estrutura do trabalho

Para facilitar a compreensão do conteúdo deste trabalho, procurou-se estruturá-lo de forma simples e compreensível, resultando em cinco capítulos interligados. O primeiro capítulo contém a parte introdutória, a problemática do trabalho, os objetivos gerais e os objetivos específicos, assim como a metodologia utilizada para elaboração do mesmo.

O segundo capítulo apresenta, sob a forma de revisão bibliográfica, uma abordagem geral dos métodos de múltiplos critérios, destacando as principais contribuições e as limitações dos métodos tradicionais e dos modelos aditivos. Já o terceiro capítulo contempla a descrição do modelo aditivo linear, seguido da análise de robustez e do fluxograma do modelo aditivo linear. No quarto capítulo é mostrada a aplicação do modelo aditivo linear e também uma aplicação dos métodos tradicionais. Por último, no quinto capítulo, são feitas as conclusões da aplicação dos métodos utilizados para este trabalho.

CAPÍTULO II

2. ABORDAGEM GERAL DOS MÉTODOS DE MÚLTIPLOS CRITÉRIOS

2.1 Aspectos Conceituais

Durante as duas últimas décadas foram desenvolvidos inúmeros métodos de multicritérios para a tomada de decisão. Estes evoluíram enormemente e, atualmente, destacam-se duas principais escolas: a escola americana e a escola européia, as quais possuem algumas divergências conceituais. O principal objetivo da escola européia repousa em construir ou criar “algo”, enquanto a escola americana, na visão de Roy e Vanderpooten (1996), guia seus trabalhos pelo estabelecimento de um ideal baseado em axiomas e cria prescrições para a maior aproximação possível deste ideal. Portanto, a escola americana segue o caminho prescritivista, onde o facilitador faz uma descrição do problema e compõe prescrições baseadas em hipóteses normativas, as quais são validadas pela realidade descrita (Costa, 1996).

Acrescente-se, além disso, que dentre os principais aspectos que caracterizam a escola européia destaca-se o reconhecimento dos limites quando há a consideração de somente aspectos de natureza objetiva no processo de apoio à decisão (trabalho sobre a abordagem construtivista).

Apesar destas diferenças existentes entre as duas correntes de pesquisa, Roy e Vanderpooten (1996, p.27 – 29) apontam alguns aspectos comuns para o “multiple criteria decision making” da escola americana e para “multiple criteria decision aid” da escola européia. Entre tais aspectos destacam-se:

- o significado e o papel dos resultados axiomáticos;
- o uso de um amplo “spectro” de modelos de preferência; e
- o uso sistemático de análise de robustez;

As metodologias multicritérios são os meios ou ferramentas das quais o facilitador dispõe para conduzir o processo de apoio à decisão. Nos processos de apoio à decisão pode-se definir duas fases principais, que mesmo não sendo independentes podem ser diferenciadas em suas funções: a fase de estruturação do problema e a fase de avaliação.

A fase de estruturação do problema de decisão busca a construção de um modelo (mais ou menos) formalizado de representação de um problema de decisão, capaz de ser aceito pelos autores e que possa servir de base a comunicação, a discussão interativa com e entre os autores (processo de negociação), a aprendizagem e a investigação (Bana e Costa, apud Bramont, 1996).

Já a fase de avaliação constitui a formalização de uma modelo global de avaliação das ações potenciais, segundo Bana e Costa (1995, p. 5), esta fase pode ser chamada de fase de síntese e consiste de esclarecer a “escolha” através da modelização das preferências dos autores e sua agregação.

2.2 Caracterização de alguns métodos

Três são as mais importantes metodologias utilizadas nas técnicas de “múltiplo critéria decision making” (Massam, apud Santana, 1994):

- modelos envolvendo ordenação lexicográfica;
- modelos outranking e fuzzy;
- modelos aditivos;

Na ordenação lexicográfica, as opções (ou alternativas) são ordenadas de acordo com seus desempenhos em relação ao critério mais importante. Caso haja empate entre duas ou mais opções, essas são ordenadas em relação ao critério seguinte e assim sucessivamente, até haver desempate. Como mostrado a seguir, formalmente tem-se que se c_1 e c_2 são, respectivamente, o mais importante e o segundo mais importante critério, então a seleção de uma alternativa A_i seria tal que (Santana, 1994):

$$B^1 = \{A_i / \max_i c_{i1}\} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (2.1)$$

onde $\max_i c_{i1}$ é a performance da alternativa “i” com relação ao critério 1 – mais importante.

Quando o conjunto B^k ($k = 1, 2, \dots, n$ é o número de critérios assim especificado) possui apenas um elemento, este elemento denotaria a alternativa a ser escolhida. No entanto, se mais de um elemento são encontrados, então (Santana, 1994):

$$B^2 = \{ B^1 / \max_i c_{i2} \} \quad i \in \{B^1\} \quad (2.2)$$

Até que o conjunto B^k tenha um só elemento ou que todos os critérios tenham sido levados em conta tal processo deve ser continuado. Apesar de simples, esse modelo apresenta o inconveniente de não considerar todos os critérios (Santana, 1994), no mesmo tempo, como é típico nos modelos em MCDM.

Os modelos *outranking*¹ ou de concordância procuram representar o caso particular de opções de ações não comparáveis, em situações em que o decisor não pode, não quer ou não sabe como comparar essas opções, devido à desconfiança relacionada à imprecisão nos dados (Fander e Spronk, apud Bramont, 1996).

Os índices de concordância e de discordância constituem-se, neste caso, nos parâmetros básicos para a determinação da alternativa preferida. O índice de concordância do par de alternativas k e p é calculado levando-se em conta um conjunto construído considerando-se a seguinte relação (Santana, 1994):

$$C_{kp} = \{ j / x_{kj} \geq x_{pj} \} \quad (2.3)$$

onde:

$k, p = 1, 2, \dots, m, k \neq p,$

$j = 1, 2, \dots, n$, é cada um dos critérios em questão; e x_{kj} é o valor da alternativa k em relação ao critério j .

¹ Dentre os modelos outranking mais utilizados figuram o Electre e o Promethee (Korhonen, apud Santana, 1994).

Por outro lado, o conjunto de discordância é determinado por (Santana, 1994):

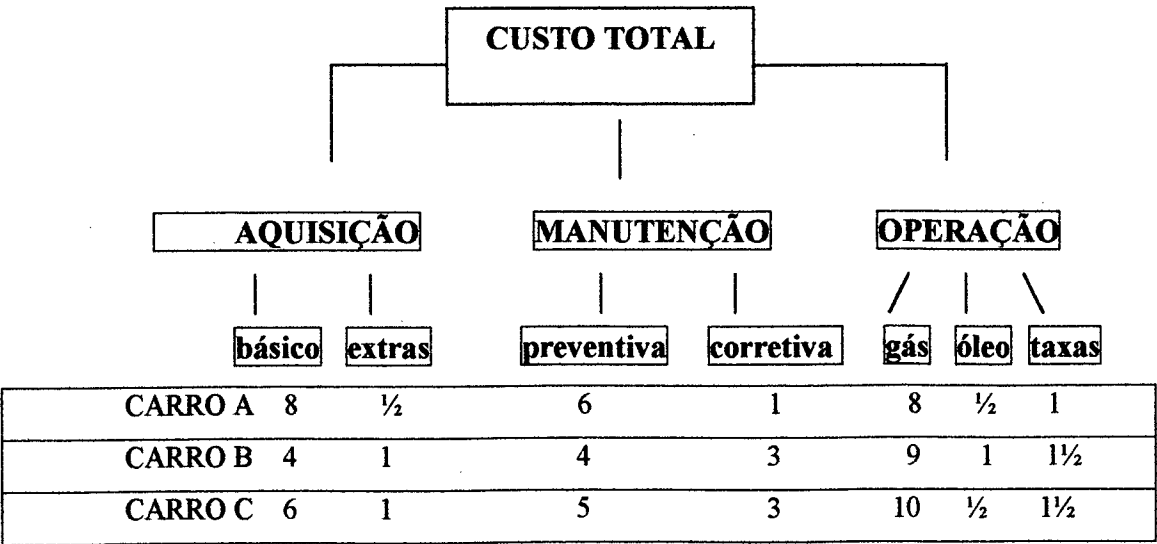
$$D_{k,p} = \{ j / x_{kj} < x_{pj} \} \quad (2.4)$$

Os modelos Fuzzy, por outro lado, são aplicados em situações em que o decisor não apresenta sua estrutura de preferências bem definida. Modelos de oito gráficos não são novos modelos e sim facilidades a mais incorporadas àquelas já existentes. A apresentação gráfica, dos resultados obtidos pelos diversos modelos pode facilitar o processo de decisão, onde são utilizados gráficos interativos que permitem investigar a sensibilidade dos resultados finais, em resposta a alterações nos pesos dos critérios (Bana e Costa, apud Santana, 1994).

Com relação a os modelos aditivos, que são os mais utilizados em MCDM, por sua simplicidade e facilidade para problemas reais (Stewart, apud Santana, 1994). O problema de decisão pode ser estruturado de maneira que a função-objetivo ocupe o nível mais alto, vindo a seguir os critérios e subcritérios.

Weber, apud Bramont, (1996), sugere que pode ser necessário fazer a avaliação com estruturas alternativas, com mais níveis na hierarquia, por exemplo, se houver dúvida quanto ao nível apropriado de detalhe. Essa análise faz parte da etapa de estruturação dos objetivos e escolha dos critérios. A figura seguinte mostra a estruturação do problema de escolha de um carro (Belton, apud Bramont, 1996).

Figura 1 ESTRUTURA DO PROBLEMA



Neste exemplo, a função-objetivo é representada pelo custo total que se pretende minimizar; os critérios² são os custos de aquisição, manutenção e operação, subdivididos nos diversos subcritérios. Os valores numéricos representam os custos-desempenhos das opções das ações carros A,B e C - frente aos subcritérios, em cents de US\$ por km rodado.

“ O maior desempenho de uma alternativa em relação a outra, diante de um critério, pode compensar seu desempenho menor em relação a essa mesma alternativa, diante de um outro critério. Deste modo, um projeto que gera muitas divisas estrangeiras, pode compensar sua deficiência em gerar empregos, por exemplo, nesse caso, o termo *tradeoff* representa o quanto de acréscimo em divisas é necessário para compensar uma determinada redução no número de empregos”. (Bodily, apud Bramont, 1996, p. 37).

Em Keeney e Raiffa, apud Bramont (1996), é discutido o modelo aditivo em sua forma mais abrangente onde os *tradeoffs* podem variar, as funções individuais de valor podem ser não-lineares e a variável risco é levada em consideração.

Enquanto os modelos aditivos são criticados por serem simplistas e ingênuos, seus defensores argumentam que sua simplicidade e facilidade de entendimento são justamente os seus pontos fortes (Bana e Costa, apud Bramont, 1996). Na realidade, o modelo aditivo é mais eficaz e facilmente compreendido, mas tanto a definição dos critérios como a do modelo devem ser bem justificados e entendidos pelo usuário (Stewart, apud Bramont, 1996).

Em Bana e Costa apud Bramont (1996), é indicada a necessidade de incorporar análises de sensibilidade mais sofisticadas aos modelos simples de MCDM, como os modelos aditivos, por exemplo.

É importante estar atento para não aceitar, sem questionamento, os resultados dos modelos aditivos ou não, como respostas finais, não sendo exclusivas dos modelos aditivos, mas também dos demais modelos MCDM.

O capítulo seguinte está detalhado o modelo aditivo linear, método utilizado para análise das máquinas/compressores utilizadas na lavagem de carros.

² Já segundo Bana e Costa et al (1995), aquisição, manutenção e operação seriam pontos de vista.

2.3 - Contribuições e Limitações dos Métodos Tradicionais

Os métodos tradicionais, fundamentados no (DCF)-fluxo de caixa descontado³, também chamados de orçamento de capital, possibilitam quantificar monetariamente e avaliar economicamente alternativas, permitindo ao tomador a posse de um conjunto de elementos necessários à tomada de decisão sobre alternativas de investimento. Em geral, aplicam-se essas técnicas para a tomada de decisão a longo prazo (Casarotto, 1996).

Os métodos mais conhecidos(e utilizados) na avaliação econômica de alternativas de investimento são (Contador, 1988): a taxa interna de retorno-TIR, o período de retorno dos empreendimentos-payback, o valor presente líquido-VPL e o valor anual uniforme-VAUE.

Taxa Interna de Retorno

Por definição, taxa interna de retorno (TIR) é aquela taxa de juros que iguala a zero o valor presente líquido de um projeto. Logo, é a taxa de desconto que iguala o valor presente dos benefícios de um projeto ao valor presente dos seus custos (Contador, 1988).

“ A grande vantagem da TIR como indicador de decisão é que prescinde de informações externas ao projeto. Tudo que o analista necessita é conhecer o perfil do projeto e alguma idéia da magnitude da taxa de juros ou do custo de oportunidade do capital”. (Contador, 1988, p. 49).

Uma desvantagem da TIR como critério de decisão refere-se à possibilidade de raízes múltiplas na expressão. Em princípio, o conceito de TIR só tem sentido quando todas as raízes da expressão forem iguais, reais e positivas, mas nada garante que isto sempre aconteça. Fazendo $K=1 / 1 + R$, é fácil verificar que a expressão corresponde a um polinômio de grau m (Contador, 1988).

$$F_0 + F_1K + F_2K^2 + F_3K^3 + \dots F_m K^n = 0 \quad (2.5)$$

³ (DCF)- é a representação de um problema envolvendo receitas e despesas que ocorrem em períodos de tempo diferentes, sendo que a cada período é descontado uma taxa de juros vigente ao mercado financeiro.

Além disso, conforme Contador (1988) o teorema de sinais de descartes afirma que o número de raízes K reais e positivas será igual ou menor ao número de mudanças de sinais observados no perfil do projeto.

Em suma, o emprego da TIR como critério para avaliação de projetos é bastante crítico e deve ser adotado com bastante cautela. Assim mesmo, é importante que seja utilizada apenas nos seguintes casos (Contador, 1988):

- em projetos com apenas dois períodos, e com investimentos antecedendo os benefícios.
- na comparação entre projetos só pode ser feita se os projetos forem mutuamente independentes e com a mesma escala.
- como critério básico para ordenar projetos, em condições de racionamento de capital.

Método do payback

Já o Payback é o indicador mais simples e conhecido. Mostra o número de períodos necessários para recuperar os recursos despendidos na implantação de um projeto. Quanto menor o Payback maior a liquidez e menor o risco envolvido (Contador, 1988).

Por exemplo, aplica-se o Payback em dois projetos de equipamentos denominados A e B para saber quanto tempo leva para recuperar seu investimento de R\$ 10.000,00 com uma taxa de juros de 10% a.a. Neste exemplo, o tempo estipulado para efeitos de uma análise rápida foi de dois anos.

Tabela 1 - INVESTIMENTO DAS MÁQUINAS

ANO	INVESTIMENTO "A"	INVESTIMENTO "B"
1	R\$ 5.000,00	R\$ 3.000,00
2	R\$ 5.000,00	R\$ 4.000,00
3	R\$ 1.000,00	R\$ 3.000,00

Pode ser visto na tabela 1 que, a soma do investimento do primeiro ano com a soma do investimento do segundo ano no projeto “A” foi de R\$ 10.000,00 e no projeto “B” a soma dos dois primeiros anos foi de R\$ 7.000,00. Logo, o projeto “A” é melhor pois o investimento é recuperado no final do segundo ano e no projeto “B” isto ocorre apenas no final do terceiro ano. Porém, se o projeto tem um perfil menos convencional, por exemplo, há a necessidade de recomposição do investimento, ou se os benefícios antecipam os investimentos (como um projeto típico de exploração de florestas que deve ser seguido do seu plantio), o Payback é falho e não tem condições de auxiliar o processo decisório (Contador, 1988).

Em resumo, o Payback, quando muito pode ser um indicador secundário, adicional, para auxiliar o processo de decisão a desempatar entre alternativas indiferentes segundo outros critérios. Apesar de sua mensagem atraente aos empresários e investidores mais apressados, o critério do Payback não é o mais adequado para avaliação de projetos (Contador, 1988).

Valor Presente Líquido

Um outro método tradicional vem a ser o Valor Presente Líquido-VPL, que corresponde à soma algébrica dos valores do fluxo de um projeto, atualizados a taxas adequadas de desconto. Neste contexto, o projeto será viável se apresentar um VPL positivo e, na escolha entre projetos alternativos, a preferência recai sobre aquele com maior VPL positivo (Contador, 1988).

O Valor Presente Líquido é, na prática, um método que envolve a análise dos fluxos de caixas descontados (DFC), princípio este que é o inverso da capitalização de juros. Este processo de desconto determina o valor presente de um montante futuro, supondo que o tomador de decisão tem uma oportunidade de obter um certo retorno k sobre o dinheiro. Essa taxa de retorno do período pode ser referida como taxa de desconto, retorno exigido, custo de capital ou custo de oportunidade (Motta, 1994).

Este método é utilizado em áreas como orçamento de capital, decisões de arrendamento ou compra, análise de contas a receber e esquemas de financiamento (Motta, 1994).

A expressão matemática para o VPL:

$$\text{VPL} = -F_{c0} + F_{c1} \mid (1+k)^1 + F_{c2} \mid (1+k)^2 + \dots + F_{cn} \mid (1+k)^n \quad (2.6)$$

ou ainda

$$\text{VPL} = \sum_{t=0}^n [cf_t / (1+k)^n] \quad (2.7)$$

onde

- VPL: Valor Presente Líquido;
- k: taxa de retorno;
- t: período de tempo que varia de 0 a n;
- cf: Fluxo de caixa;
- F_{c0} : termo do fluxo de caixa na data zero;
- F_{c1} : termo do fluxo de caixa na data um;

“ Além das críticas gerais dirigidas a todas as técnicas que usam o princípio do (DCF), particularmente, uma das principais restrições tanto no VPL quanto na TIR, está associada a supervalorização dos ganhos imediatos em detrimento dos de longo prazo, quando a taxa de desconto utilizada é bastante elevada.” (Santana, 1994,pág 28).

Valor Anual Uniforme

Outro método muito utilizado é o VAUE- valor anual uniforme equivalente, consiste em achar a série uniforme⁴ anual equivalente ao fluxo de caixa do projeto, descontando à taxa mínima de atratividade⁵ (Casarotto , 1996).

As vantagens deste método pode se dizer que possui as mesmas do valor presente líquido, porém o VAUE é a principal técnica dos métodos tradicionais usada na análise de substituição de equipamentos e na determinação da vida econômica de veículos e equipamentos. O VAUE é dado pela equação (Casarotto, 1996) :

⁴. Série uniforme de pagamentos ou recebimentos regulares também pode ser chamado de anuidade.

⁵. TMA- taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros.

$$VAUE = I * \frac{[i(1+i)]}{(1+i)^n - 1} + COM \quad (2.7)$$

onde:

- VAUE : valor anual uniforme equivalente;
- I : investimento inicial;
- i : taxa de juros do mercado;
- n : número de períodos ;
- COM : custo operacional;

Quando se compara os VAUE negativos em uma análise de custo, admite-se que, o VAUE de menor valor numérico é o melhor, pois envolve menos custo. Porém quando o VAUE de um problema de uma análise financeira envolvendo receita líquida for positivo aceita-se o projeto e quando o VAUE for negativo rejeita-se o projeto.

Exemplo:

Uma empresa dispõe de R\$ 18.000,00 e conta com duas alternativas de investimento em um tipo de equipamento industrial; Qual é a alternativa mais econômica, sabendo-se que a taxa de juros utilizada foi de 10% a.a.?

Tabela 2 exemplo VAUE

Equipamento	Investimento inicial	Saldo líquido anual	n = tempo
A	R\$ 14.000,00	R\$ 5.000,00	7 anos
B	R\$ 18.000,00	R\$ 6.500,00	7 anos

Neste exemplo, aplicando a equação (2.8), a alternativa melhor é a “B”, pois seu VAUE é de R\$ 2.802,70 enquanto que a alternativa “A” seu VAUE é de R\$ 2.124,32.

CAPÍTULO III

3 MÉTODO ADITIVO LINEAR-MAL

3.1 Descrição do MAL

O Método Aditivo Linear – MAL, aqui utilizado, foi proposto por Bramont (1996) e serve para auxiliar e facilitar na análise da aquisição de novos equipamentos e priorizar ou ordenar novos investimentos. As análises e critérios são definidos a priori, apresentando natureza discreta e número finito. Os parâmetros são determinísticos e as incertezas são levadas em conta mediante análises de robustez. Os *tradeoffs* entre critérios são constantes, as funções individuais de valor são lineares e os critérios devem apresentar independência mútua quanto à preferência, devendo ser mensuráveis em unidades físicas⁶ (Bramont, 1996).

O Método Aditivo Linear supõe a presença de um único decisor e que este tenha sua estrutura de preferências bem definida, onde a decisão é tomada uma única vez, não ocorrendo decisões do tipo sequenciais (Bramont, 1996).

Segundo Fander e Spronk, apud Bramont (1996), existe um modelo aditivo que utiliza funções individuais de valor lineares. Em vez de pesos dos critérios, adota coeficientes de valor, que indicam a importância relativa de cada critério. A função multicritério de valor correspondente tem a forma:

$$V(Z_1, Z_2, \dots, Z_k) = V_1(Z_1) + V_2(Z_2) + \dots V_k(Z_k) \quad (3.1)$$

onde:

- $V_i(Z_i) = c_i Z_i$ é uma função individual de valor relativa ao critério i ;
- c_i é o coeficiente em unidades de valor por unidades físicas do critério i ;
- Z_k é o desempenho da alternativa frente ao critério i , em unidades do critério i ; e
- k é o número de critérios;

⁶ Empregos gerados, US\$ e km², por exemplo.

Nesse modelo, zero unidades de um critério i representa valor zero; a escala utilizada é a racional e as funções individuais de valor são lineares, sendo representadas por retas de inclinação c_i ; as curvas de indiferença são retas, planos ou hiperplanos. O valor do *tradeoff* entre dois critérios c_i e c_j é constante em qualquer ponto e dado por $c_{ij} = c_i/c_j$ (Bana e Costa, apud Bramont, 1996).

Segundo Bramont (1996), os critérios escolhidos devem apresentar unidades físicas mensuráveis, o que pode ser uma limitação do modelo, compensável pela simplicidade e pela redução da subjetividade no processo decisório; o decisor fará julgamentos de valor apenas quando estimar os valores dos coeficientes.

O decisor, para estimar os coeficientes, aloca pontos de valor para os diversos critérios, representados em suas unidades físicas. Neste contexto, é necessário que esses pontos, reflitam as importâncias relativas dos critérios, sendo que os mesmos não precisam ficar limitados a escalas pré-estabelecidas (Bramont, 1996).

Portanto, relativamente aos métodos tradicionais ou até mesmo frente a outros métodos de múltiplos critérios o MAL apresenta as seguintes vantagens, como destacado em Bramont (1996):

- reduz a probabilidade de inconsistência nos julgamentos do decisor;
- leva em conta incertezas nas estimativas do decisor;
- é mais transparente que os demais métodos, explicitando os juízos de valor;
- suas escalas de medidas não são limitadas a faixas pré-definidas; e
- permite a inclusão de critérios intangíveis de forma clara e explícita;

“Em suma, tendo o decisor de prestar conta de suas decisões, explicitando como e onde entram seus juízos de valor, o Modelo Aditivo Linear⁷, cujas funções individuais de valor são lineares, surge como um modelo adequado: somente são necessários juízos de valor quando da determinação dos *Tradeoffs* entre os critérios na estimativa dos coeficientes” (Bramont, 1996).

⁷ Também denominado somatório ponderado (Bana e Costa, 1990).

O método aditivo linear(MAL) tem como base o Modelo Aditivo e tem como equação fundamental a que segue (Bramont,1996).

$$X_j = \sum_{i=1}^m c_i A_{ji} \quad (3.2)$$

onde:

- X_j representa o valor do projeto j em unidades de valor;
- m representa o número de critérios;
- C_i indica a importância relativa do critério i em unidades de valor por unidade do critério; e
- A_{ji} representa o desempenho do projeto j em relação ao critério i em unidades do critério i;

Na equação acima, quanto maior o valor de X_j maior é o desempenho da alternativa frente ao conjunto de critérios. Neste sentido, as alternativas podem ser ordenadas em função de X_j , o que, na realidade, o objetivo final do MAL.

3.2Análise de Robustez – Simulação de Monte Carlo

Uma das características dos modelos em MCDM, consiste na criação de mecanismos para a análise da sensibilidade ou da robustez da decisão. No modelo original desenvolvido por Bramont (1996), tal análise de robustez é efetuada através do uso do método de Monte Carlo, em que os coeficientes estimados inicialmente pelo decisor, são variados- aleatória e independentemente⁸ ao mesmo tempo, segundo uma função distribuição de probabilidade especificada pelo decisor.

⁸ Como já comentamos na descrição do método.

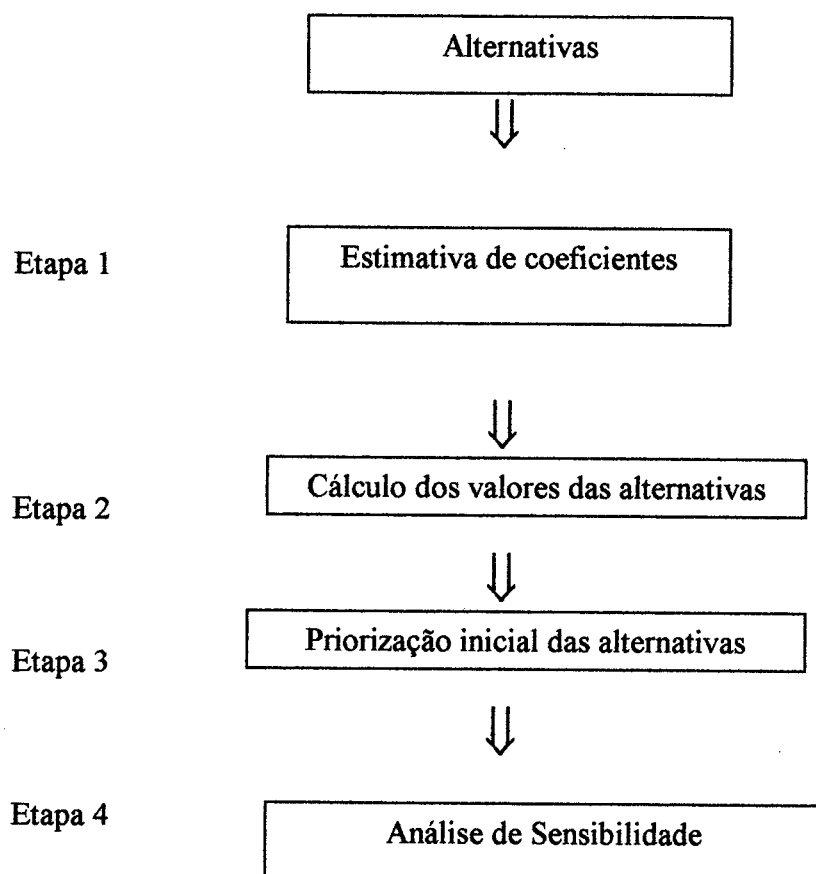
No caso da distribuição uniforme, os limites máximo e mínimo iniciais da função densidade de probabilidade são $C_i + \Delta_0$ e $C_i - \Delta_0$, onde os C_i são as estimativas iniciais do coeficientes correspondentes aos critérios i e Δ_0 é um valor especificado pelo decisor em % relativo a C_i . A simulação é realizada quantas vezes o decisor achar necessário, e a cada interação e ordenação correspondente é comparada com a situação inicial (Bramont, 1996).

“Na análise de Robustez, ao ocorrer mudança na ordenação original, é possível que o decisor reestime os coeficientes mais sensíveis, melhorando a consistência de seus julgamentos. Essa forma interativa e iterativa pode proporcionar ganhos de aprendizado por parte do decisor. As incertezas nas estimativas do decisor são levadas em conta pela análise de Robustez, que indica a sensibilidade da priorização frente a variações, nos valores dos coeficientes, ao mesmo tempo” (Bana e Costa apud Bramont, 1996).

Ou seja, mesmo nos problemas de decisão mais simples é sempre prudente a realização de uma análise de robustez (ou sensibilidade), independentemente ou não de tal análise levar em conta o método de Monte carlo.

3.3– Fluxograma do MAL

As diversas etapas do MAL podem ser representadas no fluxograma da figura seguinte:



Na etapa 1 do processo de avaliação são estimados os pontos, em unidades de valor, para as diversas alternativas, ou seja, as importâncias relativas dos critérios, as quais devem refletir os *tradeoffs* entre os critérios. Esta etapa é uma das mais importantes de todo o processo, sendo também fundamental para análise de robustez, dado que os pesos (ou importância) são fatores determinantes da consistência da decisão.

Na etapa 2, por outro lado, são calculados os valores das alternativas, os quais levam em conta a equação abaixo:

$$X_j = \sum_{i=1}^m c_i A_{ji} \quad (3.2)$$

onde:

- X_j representa o valor do projeto j em unidades de valor;
- m representa o número de critérios;
- C_i indica a importância relativa do critério i em unidades de valor por unidade do critério; e
- A_{ji} representa o desempenho do projeto j em relação ao critério i em unidades do critério i ;

Dando sequência, na etapa 3, é feita a priorização inicial das alternativas e, por último, na etapa 4, é efetuada a determinação da alternativa que melhor satisfaz o conjunto de critérios.

Este capítulo apresenta o método proposto no trabalho-MAL. Descreve o método, as modificações para seu uso. Um exemplo numérico de aplicação é desenvolvido, sendo explicadas as diversas etapas do método. No MAL, juízos de valor são feitos apenas na determinação dos *tradeoffs*, requerendo menor número de julgamentos e reduzindo a probabilidade de falhas na consistência.

O método proposto pode ser utilizado também para priorizar programas ou políticas, tanto no nível de empresa como no de governo, incorporando cenários para representar mudanças na economia e nas reações dos concorrentes, fornecedores e clientes da empresa (Massan, apud Bramont, 1996).

Capítulo IV

4. – APLICAÇÃO DO MAL

4.1 Configuração do problema de decisão

O exemplo utilizado para uso do MAL consiste em ordenar quatro máquinas da marca Interclean, aqui designadas como A, B, C e D, que estão assim relacionadas com as máquinas reais.

Tabela 3 - MODELOS DE MÁQUINAS

ALTERNATIVAS	TIPO DE MÁQUINAS
A	3250 TST
B	750 Therm
C	K 140
D	K 155

Trata-se, portanto, de uma situação real, onde o problema básico consiste na priorização das máquinas, em ordem decrescente do valor de X_j (equação 3.2), levando-se em melhor conta a satisfação dos critérios que estão sendo propostos. Na realidade, as máquinas em questão têm diferentes usos, podendo ser aplicada desde a limpeza de navios até a limpeza de carros.

Quanto à escolha dos critérios de avaliação, os mesmos deveriam ser tais que, ao mesmo tempo, refletisse as características gerais das alternativas (como desempenho, grau de utilização, uso de energia etc) e apresentasse independência mútua quanto às preferências do decisor.

Portanto, os critérios selecionados deveriam, simultaneamente, servir de “parâmetro” para avaliação das máquinas, tendo em vista suas respectivas utilidades, e permitir que a análise das preferências do decisor, dado o conjunto de critérios, fosse independente frente a cada critério.

Assim, foram escolhidos os seguintes critérios:

□ preço do equipamento (C_1): mede, em R\$, a importância das alternativas sob o ponto de vista dos recursos de que dispõe o investidor;

□ diversidade de aplicação dos equipamentos (C_2): não existe medida para tal critério, sendo aqui utilizada a escala 0-100; embora as máquinas em estudo tenham diferentes usos, a quantidade desses diversos usos e a aplicabilidade das máquinas ocorrem em grau diferente e, portanto, é um importante elemento de decisão;

□ desempenho do equipamento (C_3): este critério foi dividido em três subcritérios:

1) ruído do equipamento (C_{3A}): mede, em decibéis, o nível de sensibilidade que o ouvido do operador da máquina pode suportar;

2) consumo de energia (C_{3B}): mede, em kWh, o valor do consumo de energia de cada uma das alternativas; e

3) pressão da água (C_{3C}): mede, em BAR/ PSI, a pressão ideal para a utilização das máquinas avaliadas, sendo que uma pressão muito alta pode comprometer a qualidade do serviço;

□ temperatura da água (C_4): mede, em $^{\circ}\text{C}$, a temperatura das máquinas em estudo;

□ consumo de água (C_5): mede, em litros, a vazão de água que sai das máquinas avaliadas; e

□ layout do equipamento (C_6): não existe unidade de medida, porém a facilidade e a mobilidade em transportar as máquinas em estudo, são de grande importância em relação aos outros elementos já citados. Para este caso foi também adotado uma escala de 0 a 100.

Estabelecidos os critérios, o próximo passo consiste em extrair as estimativas do decisor relativas aos *tradeoffs* entre os diversos critérios. Essas estimativas são baseadas na importância ou valor que o decisor atribui a cada unidade de critério, como visto no quadro abaixo:

Tabela 4 - MATRIZ DE DECISÃO

Critérios	A	B	C	D
C₁:	R\$ (-) 3.588,00	R\$ (-) 5.085,00	R\$ (-) 1.858,00	R\$ (-) 1.630,00
C₂:	100	80	70	70
C_{3A}:	60	90	50	50
C_{3B}:	70	90	40	50
C_{3C}:	60	90	90	90
C₄:	60	100	60	60
C₅:	900	750	680	720
C₆:	80	100	70	70

Obs: para o melhor entendimento dos critérios C₂, C_{3A}, C_{3B}, C_{3C}, C₄, C₆, já estão transformados em valores de 0-100.

Convém destacar, ainda, que a escala de importâncias relativas não precisa ficar limitada a qualquer faixa de valores. Assim, nessa aplicação do método foi utilizada a escala 0 – 100, na qual 100 representa o coeficiente do critério mais importante e o zero o coeficiente de um critério sem importância, conforme sugerido em Bramont (1996). Observa-se, porém, que quando a escala é negativa o coeficiente de maior valor absoluto é o que representa o critério menos importante. Ou seja, -10 é mais importante do que o coeficiente -100.

4.2 Análise dos resultados

Definidos os critérios, a avaliação das alternativas exigiria a normalização dos coeficientes da tabela 4, assumindo, em princípio, que todos os critérios têm o mesmo

peso. Para a normalização utilizou-se como princípio básico a divisão de cada linha da tabela 4 pelo maior número da mesma. Após tal normalização foi aplicada a equação (3.2), obtendo-se o caso base mostrado na tabela 5.

Tabela 5

CASO BASE

	Critérios								
Máquinas	C_1	C_2	C_{3A}	C_{3B}	C_{3C}	C_4	C_5	C_6	$\Sigma=$
A	-0,7	1	0,66	0,77	0,66	0,6	-1	0,8	2,79
B	-1	0,8	1	1	1	1	-0,83	1	3,97
C	-0,36	0,7	0,55	0,44	1	0,6	-0,75	0,7	2,88
D	-0,32	0,7	0,55	0,55	1	0,6	-0,8	0,7	2,98

Pelo que se observa dos dados acima, no caso base, onde os critérios têm o mesmo peso, a alternativa “B”, que é a máquina do tipo 750 Therm, mostrou-se a de maior valor aditivo linear (V_i), o que significa que tal alternativa é que deve ser priorizada. Convém destacar que a máquina “B” é a mais cara, mas, mesmo assim, a de melhor desempenho frente ao conjunto de critérios. Destaque-se, ainda, que as máquinas “D”, “C” e “A”, nesta ordem, foram, respectivamente, a segundo, terceira e Quarta melhor máquina.

Para uma análise da robustez da decisão foi feito um estudo da sensibilidade do valor das alternativas quando os pesos dos critérios são modificados. Na primeira análise os critérios tiveram os seguintes pesos: $C_1=20\%$, $C_2=10\%$, $C_3=15\%$, $C_4=30\%$, $C_5=20\%$, $C_6=5\%$.

Aplicando a equação do modelo aditivo linear, obteve-se como resultado os seguintes valores:

Tabela 6 - CASO 1

	Critérios								
Máquinas	C ₁	C ₂	C _{3A}	C _{3B}	C _{3C}	C ₄	C ₅	C ₆	Σ=
A	-0,14	0,10	0,033	0,038	0,033	0,18	-0,20	0,040	0,084
B	-0,20	0,08	0,05	0,05	0,05	0,30	-0,166	0,050	0,214
C	-0,072	0,070	0,027	0,022	0,050	0,180	-0,150	0,035	0,162
D	-0,064	0,070	0,027	0,027	0,050	0,180	-0,160	0,035	0,165

Neste caso 1, os critérios C₄ (temperatura da água), C₁(preço da máquina), e C₅(consumo da água), nesta ordem, foram os mais importantes, representando 70% do total dos pesos dos critérios. Apesar da modificação nos pesos dos critérios, mais uma vez a máquina “B” foi a que mostrou o melhor desempenho, o que mostra uma certa robustez do resultado anterior.

Na realidade, a máquina B tem um preço maior do que o das outras, porém, mesmo assim, quando confrontado com o conjunto de todos os critérios, tal máquina apresenta-se como a mais atrativa. Isso mostra que, apesar do seu preço ser elevado e do peso do critério preço do equipamento ter sido alto, os critérios de aplicabilidade do equipamento, desempenho do equipamento e a temperatura da água foram fatores decisivos para que a máquina “B” continuasse sendo a mais atrativa. Observa-se, além disso, que a sequência de priorização das máquinas continuou sendo a mesma do caso, isto é “B”, “D”, “C” e “A”.

Foi realizado uma nova simulação, com importantes mudanças nos pesos dos critérios, quais sejam C₁= 15%, C₂=5%, C₃=24%, C₄=50%, C₅=5% e C₆=6%. Os resultados são mostrados na tabela abaixo:

Aplicando novamente a equação (3.2), sobre a tabela 5, obteve-se como resultado os seguintes valores:

Tabela 7 - CASO 2

	Crêterios								
Máquinas	C ₁	C ₂	C _{3A}	C _{3B}	C _{3C}	C ₄	C ₅	C ₆	Σ=
A	-0,105	0,05	0,052	0,061	0,052	0,3	-0,05	0,008	0,368
B	-0,15	0,04	0,08	0,08	0,08	0,5	-0,041	0,01	0,599
C	-0,054	0,035	0,044	0,035	0,08	0,03	-0,037	0,007	0,41
D	-0,048	0,035	0,044	0,044	0,08	0,3	-0,04	0,007	0,422

Mais uma vez, verifica-se que a máquina “B” obteve o melhor resultado diante das demais máquinas. Convém destacar que sob o ponto de vista dos cr terios de desempenho e temperatura da água a máquina “B” superou as demais, devido às suas características e talvez o consumo de energia tenha sido um fator de grande importância para esta análise.

Pelos resultados mostrados acima, constata-se que a alternativa selecionada, quando se usa múltiplos cr terios, é a máquina “B”, o que talvez não ocorresse se fosse utilizado um dos métodos tradicionais de análise de investimento, uma vez que tal máquina é muito mais cara (investimento inicial) do que as demais.

A propósito, adotando-se o método do custo anual, caracterizado pela equação :

$$CA = I * \frac{[i(1+i)]}{(1+i)^n - 1} + COM \quad (4.1)$$

onde:

- CA = custo anual;
- I = investimento inicial;
- COM = custo mensal de operação e manutenção;

- i = taxa de juros ou taxa de desconto (média do mercado 15% a.a., ou 1,03% a.m.);
- n = vida útil das máquinas (curto prazo de 5 anos);

observa-se a seguinte situação:

$$CA_A = 80,47 + COM_A$$

$$CA_B = 114,04 + COM_B$$

$$CA_C = 41,67 + COM_C$$

$$CA_D = 36,56 + COM_D$$

Logo, pelos métodos tradicionais de análise de investimento, para que a máquina “B” fosse melhor do que a máquina “A” (a segunda mais cara), seu custo de operação e manutenção (COM_B) deveria ser quase 30% menor, o que, segundo opinião do vendedor da máquina, é muito difícil.

Por outro lado, se esta comparação é feita com a máquina “D” (a mais barata), a desvantagem da máquina “B” é ainda maior. COM_B deveria ser 68% menor do que COM_D , o que é impossível.

Ou seja, mesmo que se, subjetivamente, o decisor tivesse como avaliar as máquinas de acordo com cada um dos demais critérios, ainda assim, quando a apresentação numérica é de apenas um critério-(no caso o custo anual), a escolha de tal decisor tende a ser com base no menor custo, “esquecendo-se” os demais critérios. Nos métodos de múltiplos critérios isto não acontece.

Sob o ponto de vista da análise e da compreensão do problema de decisão, os modelos de múltiplos critérios, mesmo os mais simples, como os modelos aditivos, apresentam uma série de vantagens. Por exemplo, as alternativas poderiam ser confrontadas, em cada uma das simulações, considerando-se cada um dos critérios isoladamente. Assim, no Caso 2, a máquina “D” é melhor ou igual à “B” nos critérios C_1 (preço), C_{3c} (pressão das máquinas) e C_5 (consumo de água). Desse modo, fica explícita, em uma única tabela, a comparação das alternativas frente aos critérios, mesmo que o decisor não saiba calcular o “valor” das máquinas de acordo com uma dada equação.

Capítulo V

5.CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho tinha como foco mostrar a aplicabilidade de um modelo de múltiplos critérios para a seleção de uma entre várias alternativas de investimento em um determinado tipo de máquina para a atividade de lavação de carros.

Dos resultados aqui encontrados conclui-se, dentre outros aspectos relevantes, que os modelos de múltiplos critérios se constituem em ferramentas importantes para apoio a decisões, podendo ser um caminho alternativo relativamente aos métodos tradicionais de análise de investimentos.

Nos dias atuais, o processo de escolha de investimentos em geral envolve o tratamento de um elenco muito grande de variáveis, boa parte delas não quantificáveis monetariamente (variáveis qualitativas), o que pode prejudicar a avaliação ou exigir o uso de artifícios de cálculo para transformar, por exemplo, ruído do equipamento em custo, o que poderia distorcer a avaliação.

Assim, os métodos de múltiplos critérios, mesmos os mais simples como o aqui utilizado, supera uma importante limitação dos métodos baseados no princípio do fluxo de caixa descontado, que é a exigência de quantificação monetária de todas as variáveis envolvidas. De outra parte, a comparação de diferentes opções de investimentos, considerando-se vários pontos de vista (ou critérios), torna o processo de decisão mais completo, principalmente se isto implica a participação de diversos atores.

Na verdade, atualmente o processo de tomada de decisão, no que se refere à questão abordada neste trabalho, em grande parte das empresas brasileiras é realizado de forma intuitiva, baseada em conhecimentos anteriores, ou apenas com análises simplificadas realizadas sobre as recomendações de instituições específicas.

Dentro desta nova perspectiva, onde o domínio do conhecimento torna-se fator essencial para a sobrevivência das empresas, metodologias de apoio à decisão que incorporam um maior número de fatores, que caracterizam as situações problemáticas, sejam eles tangíveis ou intangíveis, surgem com a finalidade de ajudar os decisores a obter o melhor entendimento dos problemas enfrentados, diminuindo os riscos inerentes à decisão.

Desta forma, foi proposto a apresentação de um modelo de avaliação onde fossem levados em conta a incorporação de aspectos qualitativos e a mensuração física de fatores qualitativos, tornando-o mais abrangente do que as metodologias tradicionais, e assim reduzindo a subjetividade inerente aos julgamentos do decisor e de considerar incertezas em suas estimativas.

Diante disso, foi aplicada o modelo aditivo linear para a seleção de uma entre várias alternativas de investimento em um determinado tipo de máquina/compressor para a atividade de lavagem de carros.

Com o resultado da aplicação da metodologia proposta e a utilização racional dos critérios que o foram considerados como mais importantes para este tipo de atividade, a máquina “B”, denominada Interclean 750 therm, foi a que obteve o melhor desempenho em relação às outras máquinas avaliadas.

Os critérios que mais se destacaram para obtenção do sucesso da máquina “B” foram temperatura da água e o consumo de energia. A temperatura da água é vista como um fator importante para este tipo de atividade, pois para lavagem dos carros a água utilizada é fria. Porém quando se lava o motor dos carros (atividade muito utilizada nas empresas especializadas), faz-se uso da água quente, uma vez que o óleo, graxa e outras sujeiras são mais difíceis de remoção.

Já com relação ao critério de consumo de energia, as empresas estão cada vez mais preocupadas com a redução de custos, fator preponderante para estar competindo no mercado. Em contra partida, na aplicação dos métodos tradicionais de análise de investimentos, cujo método utilizado na comparação foi custo anual (CAUE), verificou-se que a máquina “D”, denominada Interclean K 155, foi a que obteve melhor resultado, por ter o menor investimento inicial, fator decisivo para este resultado.

Logo, para uma análise de investimentos mais rigorosa e correta, não só se preocupando com os aspectos financeiros, o MCDM vem a ser o método que mais se adequa a este tipo de análise, comparado com os métodos tradicionais, visto que se a máquina “B” fosse analisada só pelo aspecto financeiro, ela não seria a escolhida, pois seu investimento inicial é o mais alto em relação às outras máquinas em estudo.

Portanto, a aplicação do modelo aditivo linear possibilitou a redução da probabilidade de inconsistência nos julgamentos do decisor e permitiu a inclusão de critérios intangíveis de forma clara e explícita, tornando o trabalho do decisor mais transparente e fácil de realizar.

Convém acrescentar, no entanto, que a importância de um método de MCDM fica melhor avaliada quando a escolha dos critérios que é aplicado em problema de decisão seja bastante detalhada, o que não foi o caso da monografia que está sendo aqui concluída. A rigor, os critérios de avaliação foram selecionados a partir de conversas com um vendedor das máquinas e com um proprietário de um lava carro. O que se pretendia, na prática, era encontrar um boa aplicação para o método de múltiplos critérios e para isto o caso das máquinas mostrou-se apropriado.

Dessa forma, uma recomendação importante é de que, em próximos trabalhos, seja realizada um aprofundamento da etapa de estruturação do problema, estudando com mais detalhe a especificação dos critérios, principalmente com a participação de especialistas através de entrevistas.

A participação de outros autores é outra sugestão importante para trabalhos futuros. No trabalho aqui desenvolvido foi levado em conta apenas a opinião de dois autores, ficando as avaliações restritas tão somente às relações de preferências dos dois autores, o que pode limitar o resultado de maneira especial no que se refere à sua abrangência.

Por último, pode-se acrescentar, ainda, que a análise de sensibilidade que foi efetuada não incorporou os aspectos probabilistas associados ao método de Monte Carlo, conforme previsto em Bramont (1996), sendo utilizado um processo mais simples, que consiste na mera mudança (determinística) dos pesos dos critérios, também segundo as preferências do próprio autor da monografia. Uma pesquisa futura terá seus resultados mais consistentes se tal variação de pesos for feita em uma frequência maior e de forma aleatória.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BRAMONT, P.P.B. **Priorização de projetos sob a Ótica Social- um método Robusto envolvendo Múltiplos Critérios.** Florianópolis, SC. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, 1996.
- CASAROTTO, N.F. **Análise de Investimentos.** São Paulo: Atlas, 1996.
- CONTADOR, C.R. **Avaliação Social de Projetos.** São Paulo: Atlas, 1988.
- COSTA, A. P. **Metodologia Multicritérios em apoio à Decisão para Seleção de Cultivares de Arroz para Lavouras no Sul do Estado do Rio Grande do Sul.** Florianópolis, SC. Dissertação de Pós-Graduação, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, 1996.
- MOTTA, R.S. **Análise de Investimentos: uma revisão metodológica.** São Paulo: Atlas, 1994.
- ROY, B.& VANDERPOOTEN, D. The european school of mcdm: emergence basic features and current works. **Jornal of multicriteria decision analysis**, V.S., pp 22-38, 1996.
- SANTANA, E. A. **O Planejamento da geração de Elétrica através de uma Metodologia de Análise Hierárquica por Similaridade com as Restrições do Sistema.** Florianópolis, SC. Tese de Doutorado, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, 1994.